

工业污染最优控制的经济分析

周 伏 平

摘 要

本文首先以外部经济理论分析工业污染的实质,然后采用边际分析方法,建立工业污染最优控制模型,并提出可行的制度安排。

当今世界,环境污染日益成为人们普遍关注、关系到人类生存与发展的世界性危机问题。国际社会已逐步达成共识:经济活动是影响地球环境的最大因素,不适当的经济发展会造成环境的极度恶化。解决污染问题(主要是工业污染)是实现可持续发展的一个极其重要的方面。由此可见,研究污染的防止和控制措施具有重大的现实意义。本文主要从外部经济理论出发,利用边际分析方法,建立工业污染最优控制模型,并提出可行的制度安排。

一、工业污染的最优控制模型

首先利用外部经济理论对工业污染的实质进行分析。这一理论由经济学家马歇尔于1910年提出,而后由其学生庇古加以发展而成。

所谓经济外部性指的是经济活动在生产产品和劳务的同时,可能给社会(周围人)带来的成本和效益,包括外部经济性和外部不经济性两种表现形式。工业污染显然属于后一种表现形式,也就是工业生产活动在提供产品和劳务的过程中,给别人或社会带来额外的成本(负效益),但经济活动的主体并未因此而支付这笔成本。例如,造纸厂将未经处理的工业废水排入河流中,引起水生物(鱼类等)大量死亡,使渔民收入减少,河水的变质又增加了下游自来水厂家的生产成本,使居民的消费支出增加。造纸厂只管追求自身利益,而不愿自觉花费大笔资金去处理污水。尽管它污染了河流,造成渔民和下游居民的利益损失,但并没有向他们支付补偿,从而形成造纸厂的外部不经济性。

我们知道,绝大多数企业在生产过程中都难免产生这样那样的废弃物,对社会造成一定的污染。对废弃物的处理方式有两种,一是将其无害化处理后再排入环境,一是未经处理直接排入环境。企业生产者为了追求自身利益最大化,往往选择后一种方式,从而“节约”了对废弃物的处理成本。但这种“节约”行为给社会带来极大的负效益。换句话说,企业个体成本的减少是以社会成本的增加为代价的,结果个体成本小于社会成本,其差额称为外部化的环境损失成本,简称环境损失成本。

现在假如要求企业将环境损失成本内部化,即须将工业废弃物进行处理后才允许排放,则企业就得承担大量的去污成本,使得个体成本接近甚至超过废弃物未经处理时的社会成本。一旦新的个体成本超过原有社会成本,即企业花费的去污成本超过环境损失成本,那么无论从企业角度还是从社会角度出发,任其污染均为有利,所以就产生了一个对污染控制的“度”的问题,也即控制污染至何种程度为最佳。

若把去污成本(由企业负担)与环境损失成本(由社会负担)之和称为污染总成本,则污染的最优控制就等价于寻求一个最佳污染物排放水平,使得污染总成本最小。

设 y 为污染物排放量,根据上述分析,去污成本 C_1 是 y 的减函数,即允许的排放量越大,企业化费的去污成本越小;环境损失成本 C_2 是 y 的增函数,即污染排放量越大,环境损失成本也越大。污染总成本 TC 也是 y 的函数,且有

$$TC(y) = C_1(y) + C_2(y) \dots\dots\dots (1)$$

再引进边际去污成本和边际环境损失成本的概念。前者是指为去除最后一单位污染物排放量所付出的代价,

后者则指增加一单位污染物排放量给社会造成的负效益, 分别用 MC_1 、 MC_2 表示。一般地, MC_1 是 y 的减函数, MC_2 是 y 的增函数。对污染活动控制较严时, 污染物排放量较小, MC_1 很大而相应的 MC_2 较小, 对污染活动控制较松时, 情况刚好相反。

下面就可以采用数学模型来求解最优污染物排放量问题。

$$\min_{y \geq 0} TC(y) = \min_{y \geq 0} [C_1(y) + C_2(y)] \quad (2)$$

对 $TC(y)$ 求关于 y 的导数并令其为零, 即

$$TC'(y) = C_1'(y) + C_2'(y) = 0 \quad (3)$$

由 (3) 式可得 $y=y^*$ 即为最优污染物排放量。将 $y=y^*$ 代入 (2) 得最小的污染总成本为

$$TC(y^*) = C_1(y^*) + C_2(y^*) \quad (4)$$

不难看出 (3) 中的 C_1' 、 C_2' 就是边际去污成本和边际环境损失成本。当 $y=y^*$ 时

$$|C_1'(y^*)| = |C_2'(y^*)| \text{ 即 } MC_1(y^*) = MC_2(y^*)$$

其经济含义是污染物排放量处于最优水平时, 边际去污成本和边际环境损失成本相等, 并使得总成本最小。

上述问题可利用直角坐标平面进行直观分析图略。

为下文讨论方便, 将图适当变换。设 a 为企业用于去污的所有人力、物力投入, 即去污成本, 并将其作为横轴, 纵轴不变, 这时环境损失成本 \tilde{C}_2 就变为 a 的减函数, 而去污成本即为 45° 线, 两者之和构成污染总成本, 其最低点对应的去污成本 a^* 即为最优去污成本, 且满足

$$a^* = C_1(y^*)$$

$$\tilde{C}_2(a^*) = \tilde{C}_2(C_1(y^*)) = C_2(y^*)$$

简而言之, 工业污染是一种外部不经济现象, 通过比较边际去污成本和边际环境损失成本的大小, 企业在两者相等时进行生产, 能达到污染控制水平的社会最优状态。

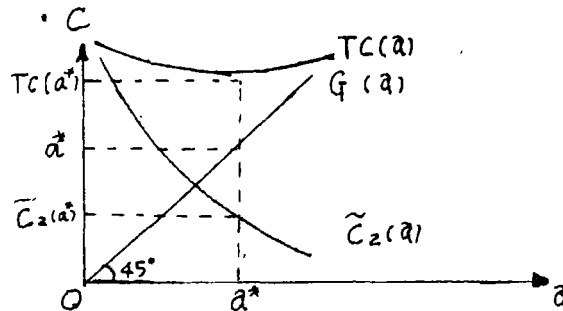


图1 去污成本环境损失成本与污染总成本

二、实现最优控制模型的制度安排

由图1可知, 如果对工业污染不加控制, 企业将选择 $a=0$ 的水平进行生产, 这时显然不是社会最优状态。为使企业选择最优去污成本 a^* 进行生产, 政府就必需提供一套激励、约束和监督机制, 即所谓制度安排, 简称安排。

安排一, 政府规定。

这是最容易想到的办法。政府利用权威, 根据最优污染排放量制定各种工业生产污染排放标准, 如果某企业超过规定标准, 可处以重罚, 责令其增加去污投入, 严重的可以勒令停产。这种安排实质上是一种行政手段, 在实际中已广为采纳。

安排二, 征收污染税。

参考图1进行分析。政府向企业开征污染税, 再由政府利用税收所得综合治理污染。税收的高低是企业去污成本 a 的函数, 并令其形式接近于图三中的环境损失成本曲线, 则企业会自觉投入去污成本 a^* 进行生

产,从而达到社会最优状态。因为,当环境损失成本由税收 T 近似替代时,企业个体成本变为 $T(a) + C_1(a)$,与污染总成本 $C_2(a) + C_1(a)$ 近似相等,后者在 a^* 处取最小值,从而前者也会选择 a^* 进行生产,以实现成本最小化。

这种安排同样已被广泛采用。当前许多工业国家为了自身的局部利益,为了保护本国环境,往往把污染严重而投资回报率高的生产项目移向广大发展中国家。这时发展中国家就可以开征一种污染税,使外商投资项目的环境损失成本内部化,提高其个体成本,实现国际公平。

安排三:政府补贴。

政府根据企业去污成本投入水平的高低给予适当的补贴(负值表示罚款)。为诱使企业在最优去污成本 a^* 进行生产,可以令补贴函数

$$S(a^*) = a^*, S'(a) > 0, S''(a) < 0$$

如图 2 所示, PC 表示企业因污染而实际承担的去污成本,其值为去污成本与相应的补贴之差。企业为使实际承担的去污成本最小,必然选择 a^* 进行生产,从而实现社会最优状态。

若把补贴函数改为

$$S_1(a) = \begin{cases} S(a) & (a \leq a^*) \\ 0 & (a > a^*) \end{cases}$$

相应可得企业实际承担的去污成本函数为

$$PC_1(a) = \begin{cases} PC(a) = C_1(a) - S(a) & (a \leq a^*) \\ C_1(a) & (a > a^*) \end{cases}$$

不难看出,这可以达到同样的效果。

上述三种制度安排在信息完全、交易成本为零的情况下,都能实现污染控制水平的社会最优状态,即污染总成本最小。然而,在现实世界中,信息是不完全的,交易成本也不为零,许多政策措施难以不折不扣地贯彻执行,不能实现预期目标。这时,三种安排的区别主要表现在两方面。一是从执行的难易程度来看,第二、三种安排均比第一种容易贯彻,因为在安排一中,企业会利用信息的不完全性,不对称性,冒被罚之风险,减少去污投入,偏离最优水平,政府必须付出巨大的监控成本才能使企业恢复到按最优水平进行生产,而在安排二和三中,企业和社会利益相一致,从而安排较易得以贯彻,达到预期目标。二是从去污成本的实际负担者来看,前两种安排完全由企业直接负担,个体成本增加,安排三主要由政府负担这无疑增加了财政压力,政府会显得力不从心。可见,对政府而言,安排二比较可行,从全社会看,何种安排合适要视具体情况而定。

治理污染,将部分污染成本内部化,提高企业个体成本,达到社会最优状态,还可通过其他制度安排。例如,通过明确个体的产权并以法律、法规形式给予确认,受污染损害者可因利益受损而起诉,促使双方谈判赔偿方案,从而使外部成本内部化。对于一些企业,如上游企业的污染物排放使下游企业遭受损失,则可以通过企业兼并把外部经济内部化,一旦企业把外部化的环境损失成本纳入生产考虑范围,个体利益与社会利益达成一致,就能实现社会最优状态。从长远看,加强教育也是一种有效的重要手段。通过教育,提高全人类的环境危机意识,形成长远的、宏观的环境观念,改进生产、生活方式,消除旧污染,防止新污染,共同维护人类唯一的生存环境。

(作者单位:厦门大学计统系)